

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-239676

(43)Date of publication of application : 27.08.2002

(51)Int.Cl.

B21J 13/02
B23F 17/00
G05B 19/4097

(21)Application number : 2001-041713

(71)Applicant : YUTAKA SEIMITSU KOGYO LTD

(22)Date of filing : 19.02.2001

(72)Inventor : SHIONO YOSHIO

(54) MANUFACTURING METHOD OF DIE FOR FORGING BEVEL GEAR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for forging a bevel gear in which the forging accuracy of the gear is improved, and a forging process of a die is shortened.

SOLUTION: A die face shape of the forging die is acquired based on the three-dimensional coordinate values of the bevel gear (P1), and a die stock 20 is directly milled by a small diameter ball end mill (P2). The die face is measured (P3) to correct the errors, and the tooth flank shape of the gear which is forged (P7) by the forging die and heat-treated (P8) is measured (P9), and the errors are fed back to the die forging (P10). Thus, the die for forging the bevel gear of high accuracy can be manufactured in a short time.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

*** NOTICES ***

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] the bulk-like gearing forging characterized by determining the mold face configuration of the metal mold for forging a bulk-like gearing based on a bulk-like gearing's tooth flank configuration calculated theoretically, and machining the mold face configuration with an NC machine tool — public funds — the manufacture approach of a mold.

[Claim 2] the bulk-like gearing forging according to claim 1 which makes into the correction mold face configuration performed the correction based on at least one of the dimension error which produces at the time of machining of metal mold in the mold face configuration which reversed the irregularity of said tooth flank configuration for the mold face configuration by said operation, the dimension error which produce at the time of heat treatment of metal mold, the dimension error which produce at the time of forging, and the dimension errors which produce at the time of heat treatment of a forging — public funds — the manufacture approach of a mold.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacture approach of the metal mold for forging bulk-like gearings, such as a bevel gear and hypoid gears.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although the bulk-like gearing had been conventionally manufactured by gear-cutting processing, the technique of manufacturing a highly precise gearing with forging came to attract attention in recent years. productivity of forging is high, scraps do not come out, but cutting oil is also unnecessary — etc. — it is because it is advantageous to an environmental problem. Metal mold is required for forging and this metal mold is manufactured by the electron discharge method now using the copper electrode manufactured by gear-cutting processing. Although manufacturing a roughing electrode and a finish electrode, carrying out sequential use of these two electrodes generally, and manufacturing metal mold is performed, it is difficult to manufacture a highly precise bulk-like gearing by this approach.

[0003] Various errors are collected by the dimension of the bulk-like gearing as a product when obtaining metal mold from the electrode which carried out gear-cutting processing. For example, the heat treatment distortion of a forging etc. becomes the gear-cutting processing error at the time of electrode processing, the electron discharge method error at the time of metal mold manufacture, a forging process error at the time of forging, and a pan with the cause of a bulk-like gearing's dimension error. It is difficult to perform gear-cutting processing of an electrode so that these errors may be negated synthetically. For example, when the external waviness component of the direction of a tooth trace of extent which cannot be disregarded is in an overall error, this cannot be solved with the device of gear-cutting processing of an electrode.

[0004] Moreover, in many curvature fool-like gearings or hypoid gears, a pressure angle differs from angle of torsion by the concave tooth flank side a convex tooth flank side, and the same is not said of various kinds of above-mentioned errors among both tooth flanks. furthermore — since the main wheel of the hypoid gears for passenger cars etc. is generally carrying out coincidence gear cutting of both the tooth flanks — every [a piece tooth flank] — becoming independent — in addition — and it is very difficult to carry out gear-cutting processing which took the various above-mentioned errors into consideration.

[0005]

[Object of the Invention, a technical-problem solution means, and effectiveness] it makes as a technical problem that this invention makes the above situation a background and makes it possible to manufacture the metal mold which can forge a highly precise bulk-like gearing — having — this invention — following each voice — bulk-like gearing forging [like] — public funds — the manufacture approach of a mold is acquired. Like a claim, each mode is classified into a term, gives a number to each item, and indicates it in the format of quoting the number of other terms if needed. This is for making an understanding of this invention easy to the last, and technical features and those combination given in this specification should not be interpreted as being limited to each following item at the thing of a publication. Moreover, when two or more matters are indicated by the first term, the matter of these plurality must not always be adopted together. It is also possible to choose and adopt only some matters.

[0006] (1) The manufacture approach of the metal mold for bulk-like gearing forging characterized by what the mold face configuration of the metal mold for forging a bulk-like gearing is determined based on a bulk-like gearing's tooth flank configuration calculated theoretically, and the mold face configuration is machined for with an NC machine tool (claim 1). A bulk-like gearing's tooth flank configuration can be expressed with the set of a three-dimension coordinate value. For example, based on the configuration of a processed gearing material, a processing tool, housekeeping of a machine tool to be used, etc., it can express from the relative motion between a processing tool and a processed gearing material as a set of the three-dimension coordinate value on the rectangular coordinates which make a zero the top-most vertices of the pitch cone of a processed gearing, for example. And in principle, if the irregularity of the tooth flank configuration of this bulk-like gearing calculated theoretically is reversed, the mold face configuration of the metal mold for forging a bulk-like gearing will be acquired. If the coordinate value group which specifies the locus of the core of the ball section based on that acquired mold face configuration and the radius of the dimension of a processing tool, for example, the ball section of a ball end mill, is obtained and numerical control of the relative motion of a ball end mill and a processed gearing material is carried out based on this coordinate value group, the target metal mold is processible. Although this invention is applicable also to manufacture of the metal mold for forging a

straight bevel gear, a spiral bevel gear, etc., it is applied to manufacture of the curvature fool-like gearing which cannot raise process tolerance easily by the conventional manufacture approach, and is especially effective.

(2) The mold face configuration acquired based on the tooth flank configuration of said bulk-like gearing calculated theoretically In the theoretical mold face configuration where the irregularity of said theoretical tooth flank configuration was reversed (1) which makes into the correction mold face configuration where of the correction based on at least one of the dimension error produced at the time of machining of metal mold, the dimension error produced at the time of heat treatment of metal mold, the dimension error produced at the time of forging, and the dimension errors produced at the time of heat treatment of a forging was performed bulk-like gearing forging given in a term — public funds — the manufacture approach (claim 2) of a mold. The dimension error produced at the time of machining of metal mold and heat treatment or the dimension error produced at the time of forging of a bulk-like gearing or heat treatment of a forging what is acquired by theoretical count Like the after-mentioned, what is acquired based on the data accumulated at the time of manufacture of the conventional metal mold actually manufactured metal mold, and could be acquired by measuring the tooth flank of the prototype gearing which measured the mold face of the metal mold, or was forged and heat-treated. When machining metal mold with an NC machine tool, at least one can be easily removed as the dimension error produced at the time of machining of metal mold, the dimension error produced at the time of heat treatment of metal mold, and the dimension error produced at the time of forging by correcting the data which control the relative motion of a processing tool and a processed gearing material.

(3) (1) including the process which detects the dimension error of the mold face of the metal mold after said machining A term or (2) bulk-like gearing forging given in either of the terms — public funds — the manufacture approach of a mold.

(4) (3) which corrects to the mold face configuration of said metal mold for decreasing the dimension error of said acquired mold face, and acquires a correction mold face configuration bulk-like gearing forging given in a term — public funds — the manufacture approach of a mold. Thus, if a mold face is newly machined according to the acquired correction mold face configuration, highly precise metal mold can be obtained. The metal mold processed in order to acquire a correction mold face configuration may rework in the following term by the approach of a publication, may be used as metal mold, and may be discarded.

(5) (3) including the process performed to the mold face after machining the rework for decreasing the dimension error of the mold face of the metal mold after said machining A term or (4) bulk-like gearing forging given in a term — public funds — the manufacture approach of a mold. (3) It is also (4) to rework the original mold face configuration based on the dimension error acquired by the term. It can also rework according to the correction mold face configuration acquired by the term. If the original mold face configuration is determined as the configuration which runs short of the amounts of processings a little from a theoretical mold face configuration, the metal mold of a proper mold face configuration can be obtained by additional machining. The original mold face configuration is made into the mold face configuration considered to be proper, when the amounts of processings run short, additional machining is performed, and when the amount of processings is excessive, after welding etc. performs padding, it can also machine again.

(6) (1) including the process which detects the dimension error of the tooth flank of the bulk-like gearing forged by the metal mold after said machining A term thru/or (5) bulk-like gearing forging of any one publication of the term — public funds — the manufacture approach of a mold. After heat-treating on the forged bulk-like gearing, it is desirable to detect the dimension error of a tooth flank.

(7) (6) which corrects to the mold face configuration of said metal mold for decreasing the dimension error of said acquired tooth flank, and acquires a correction mold face configuration bulk-like gearing forging given in a term — public funds — the manufacture approach of a mold.

(8) (6) which performs rework for decreasing the dimension error of said tooth flank to the mold face of the metal mold after said machining A term or (7) bulk-like gearing forging given in a term — public funds — the manufacture approach of a mold. (6) It is also (7) to rework based on the dimension error acquired by the term. It can also rework according to the correction mold face configuration acquired by the term. (5) about the decision approach of the original mold face configuration Explanation of a term is applied also to this paragraph.

[0007]

[Embodiment of the Invention] The numerically controlled milling machine 10 which enforces the manufacture approach which is 1 operation gestalt of this invention is explained based on drawing 1. A milling machine 10 includes a body 12, a table 14, and the tool main shaft 16, as shown in drawing 1. The table 14 is formed in the X-axis, a Y-axis, and Z shaft orientations respectively possible [relative displacement] to the body 12. On the table 14, the pivotable rotation base 15 is further formed to the table 14 at the circumference of a perpendicular axis. the tool main shaft 16 — the column of a body 12 — receiving — relativity — it is prepared pivotable and possible [relative displacement to Z shaft orientations]. In this operation gestalt, a ball end mill 18 is attached in the tool main shaft 16, and the metal mold material 20 as a workpiece is held in the rotation base 15.

[0008] Actuation of a milling machine 10 is controlled by the control unit 30. A control unit 30 is what makes a subject the computer containing the input section 32, CPU34, ROM36 and RAM38, the output section 40, etc.,

as shown in drawing 2. In the input section 32 The location of Z shaft orientations of the direction location sensor 42 of work-piece X which detects the location of X shaft orientations of a workpiece 20, Y shaft orientations, and Z shaft orientations, and the phase of the circumference of a perpendicular axis, respectively, the direction location sensor 44 of work-piece Y, the work-piece Z direction location sensor 46, the work-piece phase sensor 47, and a ball end mill 18 While the tool Z direction location sensor 48 grade to detect is connected, the input unit 50 is connected. The monograph affair in the case of processing etc. is inputted through an input unit 50. moreover, in the output section 40 While moving the table 14 holding a workpiece 20 to X shaft orientations, Y shaft orientations, and Z shaft orientations, respectively While the motor 60 for work-piece X directional movements rotated to the circumference of a perpendicular axis, the motor 62 for work-piece Y directional movements, the motor 64 for work-piece Z direction migration, and the motor 65 for work-piece rotation are connected through the drive circuit 70, respectively The motor 66 for tool Z direction migration made to move the tool main shaft 16 to Z shaft orientations and the tool main shaft rotation drive motor 68 which carries out the rotation drive of the tool main shaft 16 are connected through the drive circuit 70, respectively. Furthermore, the monitor 72 is connected to the output section 40. An operator inputs the configuration of the processing field on the metal mold material 20 etc. through an input unit 50, looking at the display screen of a monitor 72. Various programs, tables, etc., such as a motor control program which controls each motor to be made for a ball end mill and a workpiece to be displaced relatively, are stored in ROM36.

[0009] The milling machine 10 constituted as mentioned above is used, and the forging metal mold fabrication operation which manufactures a deflection fool gearing's forging metal mold is explained. The part which acquires the mold face configuration which should be formed among fabrication operation is explained to a detail, and explanation is omitted about the process well known from the former, such as cutting.

[0010] It explains roughly first. The theoretical tooth flank configuration of a spiral bevel gear is acquired by count, and the theoretical mold face configuration of forging metal mold is acquired by reversing it. The theoretical mold face configuration is corrected based on the various errors predicted beforehand, and the policy objective mold face configuration which should finally be created is set up provisionally. If a policy objective mold face configuration carries out cutting of the metal mold material according to the configuration and it heat-treats by carrying out forging of the gearing material using the forging metal mold created by performing heat treatment etc., it will be a configuration of a mold face where the gearing which has an ideal tooth flank configuration should be able to be obtained. Although it is desirable to be set up based on the processing error produced actually as for the policy objective mold face configuration, since they cannot be known in advance, based on the error beforehand predicted to be the above-mentioned theoretical mold face configuration, a provisional policy objective mold face configuration is set up first. The error predicted beforehand is searched for in this operation gestalt based on the data accumulated in the past, although you may ask by theoretical count.

[0011] In this operation gestalt, in order to avoid processing a metal mold material more deeply than a policy objective mold face, after a metal mold material roughs, it divides into multiple times and finishing cutting is performed. After the first finishing cutting was performed, the dimension error at the time of machining is acquired and the next finishing cutting is specifically performed, the dimension error produced at the time of the error which a gearing is made as an experiment and produced at the time of heat treatment of metal mold and forging, and heat treatment of a forging is acquired. Based on the they-acquired data, the above-mentioned provisional policy objective mold face is corrected, a policy objective mold face is set up, and finishing cutting is carried out. In this operation gestalt, while measurement of various errors is performed using one metal mold material, according to a policy objective mold face configuration, finishing cutting is carried out about the metal mold material, and forging metal mold is created.

[0012] Below, based on the flow chart shown in drawing 3 and drawing 4, it explains at a detail. When processing initiation is directed by the operator etc., it is a process P1 (P1 is only called below.) other processes — being the same — it sets and a target mold face is set up for the time being which should be fabricated by the first finishing cutting. A target mold face is set up for the time being [this] by performing in the main computer which the program shown in drawing 4 with a flow chart does not illustrate.

[0013] A target mold face setting program is explained for the time being. First, the step S1 (S1 is only called below.) other steps — being the same — the three-dimension coordinate value of the theoretical tooth flank configuration of the spiral bevel gear which it is going to process with forging, and the direction unit vector of a normal over the tooth flank in each coordinate are computed by setting. The three-dimension coordinate value of the theoretical tooth flank configuration of the spiral bevel gear obtained by gear-cutting processing is acquirable from the relative motion of the processing tool and gearing material based on the configuration of the gearing material as a workpiece before gear-cutting processing is carried out, housekeeping of the processing tool to be used or gear-cutting equipment, a gear-cutting method, etc. with count. In addition, gear-cutting equipment can be deduced with a cam mechanism, can also be used as the machine tool by mechanical control, such as using a device, and can also be used as an NC machine tool. For example, drawing 6 (a) While acquiring as a point P on the rectangular coordinate system which makes a zero the pitch cone top-most vertices of the spiral bevel gear which should be manufactured this time (X, Y, Z) so that it may be shown, it is acquirable as direction unit-vector N of a normal to the tooth flank in Point P (N_x, N_y, N_z). The gear tooth of one sheet of the spiral bevel gear drawn by the point group for which drawing 5 was asked by the above-mentioned approach is shown. In addition, beveling and when ** forms **, it is desirable to acquire the

configuration containing them as the above-mentioned theoretical tooth flank configuration.

[0014] Next, in S2, the direction unit vector of a normal over the three-dimension coordinate value of the theoretical mold face configuration of forging metal mold and the mold face in each coordinate is computed based on a theoretical tooth flank configuration. here — forging — metal mold — the theory — a mold face — a configuration — it should be processed — a gearing — the theory — a tooth flank — exactly — fitting in — suiting — an imprint — relation — becoming — since — (refer to drawing 6 (b)) a gearing — the theory — a tooth flank — a top — a point — P — corresponding — forging — metal mold — the theory — a mold face — a top — a point — P — ' — and — the — a point — P — ' — it can set — a normal — a direction — a unit vector — N — ' — (— one —) — a formula — and — (— two —) — a formula — be shown — as — expressing — having — . Point P' becomes the value which direction unit-vector Nof normal ' made reverse direction unit-vector N of a normal in accordance with Point P.

$P'=P \dots (1)$

$N'=-N \dots (2)$

[0015] Furthermore, in S3, in order to make small effect of heat treatment distortion etc. of a forging process error metallurgy mold and a forging based on the data accumulated in the past, P' and N' are corrected, and the policy objective mold face which should actually be formed is set up provisionally. In addition, although there are some which change based on the pressure angle and angle of torsion of a tooth flank in the heat treatment distortion of a forging process error metallurgy mold and a forging and these pressure angles differ from angle of torsion about one tooth space in the tooth flank ahead of a hand of cut, and the tooth flank of the method of method Kogo of rotation, in this operation gestalt, it is correctable about each.

[0016] In this operation gestalt, as mentioned above, although a policy objective mold face is formed gradually, the dimension error produced at the time of machining is measured first. A target mold face is set up for the time being which should be fabricated by the first finishing cutting based on a provisional policy objective mold face in S4. A target mold face is the configuration in which the correction for an allowance for machining for two finish-machining was added to the provisional policy objective mold face for the time being [this].

[0017] In P2, if a target mold face is set up for the time being based on the above count next, NC program for forging metal mold processing for controlling the locus of the ball end mill 18 as a processing tool (the program for processing is called hereafter) will be created, finishing cutting of the metal mold material 20 will be carried out according to the program for processing, and intermediate product slack middle metal mold will be obtained so that a target mold face may be formed for the time being.

[0018] Next, in P3, the real mold face configuration which is an actual configuration of the mold face of middle metal mold is measured. The touch sensor which is not illustrated in middle metal mold is made to specifically advance, and a real mold face configuration is measured. In P4, a target mold face is set up for the time being [new] based on a real mold face configuration in the main computer. A target mold face is specifically compared a real mold face configuration and for the time being which was set up previously, both dimension error is acquired, and the configuration of the mold face for forging a prototype gearing is set up as a target mold face configuration for the time being [new] based on the dimension error and provisional policy objective mold face. A target mold face configuration is made into the configuration where the correction for an allowance for machining of one finish-machining was added to the provisional policy objective mold face configuration, for the time being [new]. Next, it progresses to P5, the program for processing is created so that a target mold face may be formed for the time being, and according to the program for processing, finishing cutting of the middle metal mold is carried out. In addition, a target mold face is compared the above-mentioned real mold face configuration and for the time being [directly new], and the program for processing may be made to be created instead of performing P4 based on those differences.

[0019] Next, in P6, heat treatment etc. is performed to middle metal mold, and the prototype gearing as a prototype is forged into it using it in P7. In P8, heat treatment is performed to the forged prototype gearing, and then a prototype gearing's tooth flank configuration is measured in P9. A real tooth flank configuration is measured like measurement of the above-mentioned real mold face configuration by the measuring device which has a touch sensor. In P10 and P11, finishing cutting of the mold face of middle metal mold is further carried out based on the actual measurement of a tooth flank configuration. Since a prototype gearing's tooth flank configuration can be predicted from the above-mentioned theoretical tooth flank configuration and the allowance for machining of one finish, the prediction tooth flank configuration predicted to be a real tooth flank configuration is compared, and, specifically, those dimension errors are acquired. While a policy objective mold face is set up based on the dimension error and provisional policy objective mold face, the program for processing is created, and middle metal mold is processed according to the program for processing. One metal mold creation activity is completed above.

[0020] Next, after a gearing is forged using the created forging metal mold and heat treatment is carried out, the gearing's real tooth flank configuration is measured. When the dimension error over the theoretical tooth flank configuration of the measured value a gearing's real tooth flank configuration is small enough, the metal mold is used as forging metal mold. To it, when a dimension error is large, processing is performed further. Here, since forging metal mold will have been processed more deeply than a policy objective mold face when a real tooth flank configuration is larger than a theoretical tooth flank configuration, the metal mold is discarded and processing is performed from the beginning using another metal mold material. Since processing of the mold face of forging metal mold is insufficient when a real tooth flank configuration is smaller than a

theoretical tooth flank configuration, additional processing is performed based on the configuration. Additional processing, forging of a gearing, and measurement of a real tooth flank configuration are repeatedly performed until the above-mentioned error becomes small enough.

[0021] In this operation gestalt, two present target mold faces, a provisional policy objective mold face, and a policy objective mold face are equivalent to a "correction mold face configuration", respectively so that clearly from the above explanation.

[0022] According to the metal mold processing approach in this operation gestalt, it becomes possible to forge a highly precise gearing by manufacturing forging metal mold based on the deformation predicted beforehand. Furthermore, it becomes possible to manufacture beveling and the gearing with which ** has ** by forging.

[0023] In this operation gestalt, since finishing cutting of multiple times is performed and a policy objective mold face is formed to the metal mold material with which it roughed, it does not have to become easy to avoid to be processed more deeply than a policy objective mold face, and it is not necessary to make a metal mold material useless. Furthermore, since an activity is done processing data being acquired in connection with the finish-machining process of multiple times, and correcting, accurate forging metal mold can be obtained. In addition, after heat-treating to middle metal mold, it is desirable to perform a grinding process, when processing it further, and to use the grinding stone of the configuration near a ball end mill with a radius small in that case.

[0024] In the operation gestalt explained above, a policy objective mold face configuration is provisionally set up based on the data accumulated in the past, correcting an intermediate objective mold face configuration based on the measured value of the real mold face configuration of middle metal mold — ** — measuring a prototype gearing's real tooth flank configuration, and correcting a policy objective mold face configuration combining, and performing — accurate spiral-bevel-gear forging — public funds — a mold is obtained. However, either may be omitted while those. Specifically measurement of a real mold face configuration is omitted, a prototype gearing is forged using the middle metal mold with which the first finishing cutting was performed, a policy objective mold face may be made to be set up based on the dimension error of that, forging of a prototype gearing is omitted, a real mold face configuration is measured, and a policy objective mold face configuration may be made to be set up based on the dimension error.

[0025] Moreover, if machining of cutting, grinding, etc. is made to be performed based on the mold face configuration (specifically locus of a tool) of the metal mold finally acquired when manufacturing two or more forging metal mold, two or more accurate forging metal mold can be manufactured well.

[0026] When the part deleted more deeply than a policy objective mold face arises in this operation gestalt, the metal mold is abandoned, a new metal mold material is processed, but even if it is the case where it has deleted more deeply than a policy objective mold face, padding may be carried out to the forging metal mold by welding etc., it may machine again, and forging metal mold may be manufactured.

[0027] In the above-mentioned operation gestalt, although he was trying to be manufactured in forging metal mold by processing multiple times into one metal mold material, one forging metal mold may be manufactured using two metal mold materials. Since it is common in the above-mentioned operation gestalt about a concrete activity or a setup of a mold face, about a work flow, it simplifies and this mode is explained. What is common among the mold faces used during an activity omits explanation using the same name.

[0028] In this operation gestalt, a provisional policy objective mold face is set up based on the past data etc., cutting is performed to a metal mold material according to it, forging metal mold is manufactured, and a prototype gearing is forged. According to a provisional policy objective mold face, a line crack and provisional forging metal mold are manufactured for finishing cutting from the start. A prototype gearing is forged using the provisional forging metal mold, and heat treatment is carried out. The prototype gearing's real tooth flank configuration is measured, and it is compared with a theoretical tooth flank configuration. When both dimension error is small enough, provisional forging metal mold will be used as forging metal mold, and processing is completed.

[0029] When the magnitude of a dimension error is over the allowed value to it, provisional forging metal mold is discarded, corrects a dimension error, a policy objective mold face is set up, another metal mold material is processed, and forging metal mold is manufactured. Also in the forging metal mold manufactured newly, a gearing is made as an experiment, a prototype gearing's real tooth flank configuration and theoretical tooth flank configuration are compared, and it is checked that both dimension error has become small enough. On the other hand, if the configuration of the gearing manufactured in experimental forging is smaller than a theoretical tooth flank configuration, additional processing will be carried out like the above-mentioned operation gestalt.

[0030] In this operation gestalt, forging metal mold is made as an experiment using the 1st metal mold material, and the 2nd metal mold material is processed based on the configuration of the prototype gearing forged by it. Thus, if processing is made to be performed according to a provisional policy objective mold face directly, as compared with said operation gestalt, forging metal mold can be manufactured well.

[0031] as mentioned above — although the manufacture approach of the forging metal mold for carrying out forging of the spiral bevel gear was explained — immediately — a fool pinion — and forging metal mold can be immediately manufactured similarly about a fool main wheel and hypoid gears.

[0032] Although some operation gestalten of this invention were explained to the detail, it cannot pass over these to instantiation, but this invention can be carried out with the gestalt which performed various

modification and amelioration based on the knowledge of these contractors including the mode indicated by the term of the above [Object of the Invention, a technical-problem solution means, and effectiveness].

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing notionally the milling machine for realizing the forging metal mold manufacture approach which is 1 operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram showing the control device which controls the above-mentioned milling machine.

[Drawing 3] It is a flow chart for explaining the metal mold material processing activity in this operation gestalt.

[Drawing 4] It is the flow chart which shows the first present target mold face setting program among the above-mentioned metal mold material processing activities.

[Drawing 5] It is a perspective view for explaining the theoretical tooth flank configuration searched for in a target mold face setting program for the time being [above-mentioned].

[Drawing 6] It is a perspective view for explaining the theoretical mold face configuration searched for in a target mold face setting program for the time being [above-mentioned].

[Description of Notations]

10: Milling machine 18: Ball end mill 20: Metal mold material 30: Control unit 34:CPU 36:ROM 38:RAM

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-239676
(P2002-239676A)

(43)公開日 平成14年 8 月27日 (2002. 8. 27)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマト* (参考)
B 2 1 J	13/02	B 2 1 J	13/02 G 3 C 0 2 5
B 2 3 F	17/00	B 2 3 F	17/00 4 E 0 8 7
G 0 5 B	19/4097	G 0 5 B	19/4097 B 5 H 2 6 9

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2001-41713(P2001-41713)

(22)出願日 平成13年 2 月19日 (2001. 2. 19)

(71)出願人 591092615

豊精密工業株式会社

愛知県瀬戸市曉町 3 番地45

(72)発明者 塩野 芳夫

愛知県瀬戸市曉町 3 番地45 豊精密工業株
式会社内

(74)代理人 100079669

弁理士 神戸 典和

Fターム(参考) 30025 CC00

4E087 ED01

5H269 AB05 AB26 CC02 DD01 EE05

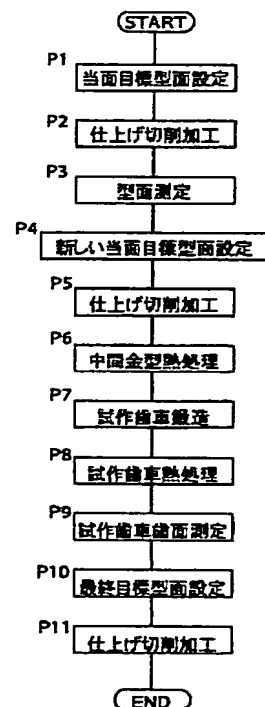
QA02

(54)【発明の名称】 かさ状歯車鍛造用金型の製造方法

(57)【要約】

【課題】 かさ状歯車を鍛造加工により作成する方法において、歯車の加工精度を向上させるとともに、金型の加工工程を短縮する。

【解決手段】 かさ状歯車の3次元座標値に基づいて、鍛造金型の型面形状を取得し(P1)、それによって金型素材20を小径のボールエンドミルにより直彫りする(P2)。金型の型面を測定して(P3)誤差を修正し、さらに、その鍛造金型により鍛造され(P7)、熱処理された(P8)歯車の歯面形状を測定して(P9)誤差を金型加工にフィードバックする(P10)。それにより、高精度のかさ状歯車鍛造用金型を短期間に製作することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 理論的に計算されるかさ状歯車の歯面形状に基づいて、かさ状歯車を鍛造するための金型の型面形状を決定し、その型面形状を数値制御工作機械によって機械加工することを特徴とするかさ状歯車鍛造用金型の製造方法。

【請求項 2】 前記演算による型面形状を、前記歯面形状の凹凸を逆転させた型面形状に、金型の機械加工時に生じる寸法誤差と金型の熱処理時に生じる寸法誤差と鍛造時に生じる寸法誤差と鍛造品の熱処理時に生じる寸法誤差との少なくとも一つに基づく修正を施した修正型面形状とする請求項 1 に記載のかさ状歯車鍛造用金型の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、かさ歯車、ハイポイドギヤ等かさ状歯車を鍛造するための金型の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、かさ状歯車は歯切り加工によって製造されて来たが、近年、鍛造により高精度の歯車を製造する技術が注目されるようになった。鍛造は生産性が高く、また、切り屑が出ず、切削油も不要である等環境問題に対して有利であるからである。鍛造には金型が必要であり、現在この金型は、歯切り加工により製造した銅製の電極を用いて、放電加工により製造されている。一般に、荒加工電極と仕上加工電極とを製造し、それら両電極を順次使用して、金型を製造することが行われているのであるが、この方法により高精度のかさ状歯車を製造することは困難である。

【0003】歯切り加工した電極から金型を得る場合、種々の誤差が製品としてのかさ状歯車の寸法に集約される。例えば、電極加工時の歯切り加工誤差、金型製作時の放電加工誤差、鍛造時の鍛造工程誤差、さらに鍛造品の熱処理歪み等がかさ状歯車の寸法誤差の原因となるのである。これらの誤差を総合的に打ち消すように、電極の歯切り加工を行うことは困難である。例えば、総合誤差の中に、無視し得ない程度の歯すじ方向のうねり成分がある場合、これを電極の歯切り加工の工夫で解決することはできない。

【0004】また、多くのまがりばかさ状歯車もしくはハイポイドギヤでは、凸面の歯面側と凹面の歯面側とで圧力角やねじれ角が異なり、上記各種の誤差も両歯面間で同じではない。さらに、乗用車用ハイポイドギヤの大歯車などは一般的に両歯面を同時歯切りしているから、片歯面ずつ独立し、なおかつ上記各種誤差を考慮に入れた歯切り加工をすることは非常に困難である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題、課題解決手段および効果】本発明は、以上の事情を背景とし、高精度のかさ状

歯車を鍛造し得る金型を製造することを可能にすることを課題としてなされたものであり、本発明によって、下記各態様のかさ状歯車鍛造用金型の製造方法が得られる。各態様は請求項と同様に、項に区分し、各項に番号を付し、必要に応じて他の項の番号を引用する形式で記載する。これは、あくまでも本発明の理解を容易にするためであり、本明細書に記載の技術的特徴およびそれらの組合わせが以下の各項に記載のものに限定されると解釈されるべきではない。また、一つの項に複数の事項が記載されている場合、それら複数の事項を常に一緒に採用しなければならないわけではない。一部の事項のみを選択して採用することも可能なのである。

【0006】(1) 理論的に計算されるかさ状歯車の歯面形状に基づいて、かさ状歯車を鍛造するための金型の型面形状を決定し、その型面形状を数値制御工作機械によって機械加工することを特徴とするかさ状歯車鍛造用金型の製造方法（請求項 1）。かさ状歯車の歯面形状は 3 次元座標値の集合で表わすことができる。例えば、被加工歯車素材の形状、使用する加工工具や工作機械の段取り等に基づいて、加工工具と被加工歯車素材間の相対運動から、例えば被加工歯車のピッチ円錐の頂点を原点とする直交座標上の 3 次元座標値の集合として表すことができるのである。そして、原則的には、この理論的に計算されるかさ状歯車の歯面形状の凹凸を逆転させれば、かさ状歯車を鍛造するための金型の型面形状が得られる。その得られた型面形状と、加工工具の寸法、例えば、ボールエンドミルのボール部の半径とに基づいてボール部の中心の軌跡を規定する座標値群が得られ、この座標値群に基づいてボールエンドミルと被加工歯車素材との相対運動を数値制御すれば、目的とする金型を加工することができる。本発明は、すぐばかさ歯車、はずばかさ歯車等を鍛造するための金型の製造にも適用可能であるが、従来の製造方法で加工精度を高め難いまがりばかさ状歯車の製造に適用して特に効果的なものである。

(2) 前記理論的に計算されるかさ状歯車の歯面形状に基づいて取得する型面形状を、前記理論的な歯面形状の凹凸を逆転させた理論型面形状に、金型の機械加工時に生じる寸法誤差と金型の熱処理時に生じる寸法誤差と鍛造時に生じる寸法誤差と鍛造品の熱処理時に生じる寸法誤差との少なくとも一つに基づく修正を施した修正型面形状とする(1) 項に記載のかさ状歯車鍛造用金型の製造方法（請求項 2）。金型の機械加工時や熱処理時に生じる寸法誤差、あるいはかさ状歯車の鍛造や鍛造品の熱処理時に生じる寸法誤差は理論計算により取得されるものでも、従来の金型の製造時に集積されたデータに基づいて取得されるものでも、後述のように、実際に金型を製造し、その金型の型面を測定し、あるいは鍛造および熱処理された試作歯車の歯面を測定することにより取得されたものでもよい。数値制御工作機械により金型を機械加工する場合には、加工工具と被加工歯車素材との相対

運動を制御するデータを修正することによって、金型の機械加工時に生じる寸法誤差、金型の熱処理時に生じる寸法誤差、および鍛造時に生じる寸法誤差との少なくとも一つを容易に除去することができる。

(3) 前記機械加工後の金型の型面の寸法誤差を検出する工程を含む(1)項または(2)項のいずれかに記載のかさ状歯車鍛造用金型の製造方法。

(4) 前記取得された型面の寸法誤差を減少させるための修正を前記金型の型面形状に施して修正型面形状を得る(3)項に記載のかさ状歯車鍛造用金型の製造方法。このようにして取得した修正型面形状に従って新たに型面を機械加工すれば、高精度の金型を得ることができる。修正型面形状を得るために加工された金型は次項に記載の方法によって修正加工を行って金型として使用してもよく、廃棄してもよい。

(5) 前記機械加工後の金型の型面の寸法誤差を減少させるための修正加工を機械加工後の型面に行う工程を含む(3)項または(4)項に記載のかさ状歯車鍛造用金型の製造方法。(3)項で取得された寸法誤差に基づいて当初の型面形状の修正加工を行うことも、(4)項で取得された修正型面形状に従って修正加工を行うこともできる。当初の型面形状を、理論型面形状よりやや加工量が不足する形状に決定しておけば、追加的な機械加工により適正な型面形状の金型を得ることができる。当初の型面形状を適正と考えられる型面形状にしておき、加工量が不足した場合は追加的な機械加工を行い、加工量が過大であった場合には、溶接等により肉盛りを行った上で再び機械加工を行うこともできる。

(6) 前記機械加工後の金型により鍛造されたかさ状歯車の歯面の寸法誤差を検出する工程を含む(1)項ないし(5)項のいずれか一つに記載のかさ状歯車鍛造用金型の製造方法。鍛造されたかさ状歯車に熱処理を行った後で歯面の寸法誤差を検出することが望ましい。

(7) 前記取得された歯面の寸法誤差を減少させるための修正を前記金型の型面形状に施して修正型面形状を得る(6)項に記載のかさ状歯車鍛造用金型の製造方法。

(8) 前記機械加工後の金型の型面に、前記歯面の寸法誤差を減少させるための修正加工を行う(6)項または(7)項に記載のかさ状歯車鍛造用金型の製造方法。(6)項で取得された寸法誤差に基づいて修正加工を行うことも、(7)項で取得された修正型面形状に従って修正加工を行うこともできる。当初の型面形状の決定方法に関する(5)項の説明は本項にも当てはまる。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明の一実施形態である製造方法を実施する数値制御フライス盤10を、図1に基づいて説明する。フライス盤10は、図1に示すように、本体12と、テーブル14と、工具主軸16とを含むものである。テーブル14は、本体12に対してX軸、Y軸、Z軸方向にそれぞれ相対移動可能に設けられてい

る。テーブル14上にはさらに、テーブル14に対して垂直軸線まわりに回転可能な回転台15が設けられている。工具主軸16は、本体12のコラムに対して相対回転可能かつ、Z軸方向に相対移動可能に設けられている。本実施形態においては、工具主軸16にボールエンドミル18が取り付けられ、回転台15には被加工物としての金型素材20が保持される。

【0008】フライス盤10の作動は、制御装置30によって制御される。制御装置30は、図2に示すように、入力部32、CPU34、ROM36、RAM38、出力部40などを含むコンピュータを主体とするものであり、入力部32には、被加工物20のX軸方向、Y軸方向、Z軸方向の位置と垂直軸線まわりの位相とをそれぞれ検出するワークX方向位置センサ42、ワークY方向位置センサ44、ワークZ方向位置センサ46、ワーク位相センサ47およびボールエンドミル18のZ軸方向の位置を検出する工具Z方向位置センサ48等が接続されるとともに、入力装置50が接続されている。入力装置50を介して加工の際の各条件などが入力される。また、出力部40には、被加工物20を保持するテーブル14をX軸方向、Y軸方向、Z軸方向にそれぞれ移動させると共に垂直軸線まわりに回転させるワークX方向移動用モータ60、ワークY方向移動用モータ62、ワークZ方向移動用モータ64およびワーク回転用モータ65がそれぞれ駆動回路70を介して接続されるとともに、工具主軸16をZ軸方向に移動させる工具Z方向移動用モータ66と、工具主軸16を回転駆動する工具主軸回転駆動モータ68とがそれぞれ駆動回路70を介して接続されている。さらに、出力部40には、モニタ72が接続されている。オペレータは、モニタ72の表示画面を見ながら、金型素材20上の加工領域の形状等を入力装置50を介して入力する。ROM36には、ボールエンドミルと被加工物とが相対移動させられるように各モータを制御するモータ制御プログラムなどの種々のプログラムやテーブルなどが格納されている。

【0009】以上のように構成されるフライス盤10を使用して、曲がりばかさ歯車の鍛造金型を製造する鍛造金型製造作業について説明する。製造作業のうち、形成すべき型面形状を取得する部分について詳細に説明し、切削加工等従来からよく知られている工程については説明を省略する。

【0010】まず概略的に説明する。まがりばかさ歯車の理論歯面形状が計算により取得され、それを反転させることによって、鍛造金型の理論型面形状が取得される。その理論型面形状が、予め予測される種々の誤差に基づいて修正され、最終的に作成すべき最終目標型面形状が暫定的に設定される。最終目標型面形状とは、その形状に従って金型素材を切削加工し、熱処理などを施して作成された鍛造金型を用いて歯車素材を鍛造加工し、熱処理を実施すれば、理想歯面形状を有する歯車を得る

ことができるはずである型面の形状である。その最終目標型面形状は、現実には生じる加工誤差等に基づいて設定されることが望ましいが、事前にそれらを知ることはできないので、まず、上記理論型面形状と予め予測される誤差とに基づいて暫定的最終目標型面形状が設定される。予め予測される誤差は、理論計算により求められてもよいが、本実施形態においては、過去に集積されたデータに基づいて求められる。

【0011】本実施形態においては、金型素材を最終目標型面より深く加工してしまうことを回避するために、金型素材が荒加工された後で、複数回に分けて仕上げ切削加工が行われる。具体的には、最初の仕上げ切削加工が行われて機械加工時の寸法誤差が取得され、次の仕上げ切削加工が行われた後、歯車が試作されて金型の熱処理時に生じる誤差および鍛造時や鍛造品の熱処理時に生じる寸法誤差が取得される。それら取得されたデータに基づいて、前述の暫定的最終目標型面が修正されて最終目標型面が設定され、仕上げ切削加工が実施される。本実施形態においては、1つの金型素材を用いて種々の誤差の測定が行われるとともに、その金型素材について最終目標型面形状に従って仕上げ切削加工が実施され、鍛造金型が作成される。

【0012】以下に、図3および図4に示すフローチャートに基づいて詳細に説明する。作業者などにより加工開始が指示されると、プロセスP1（以下単にP1と称する。他のプロセスについても同じ）において、最初の仕上げ切削加工により成形されるべき当面目型面が設定される。この当面目型面は、図4にフローチャートで示すプログラムが図示しないメインコンピュータにおいて実行されることにより設定される。

【0013】当面目型面設定プログラムについて説明する。まず、ステップS1（以下単にS1と称する。他のステップについても同じ）において、鍛造により加工しようとするまがりばかさ歯車の理論歯面形状の3次元座標値と各座標における歯面に対する法線方向単位ベクトルとが算出される。歯切り加工によって得られるまがりばかさ歯車の理論歯面形状の3次元座標値は、歯切り加工される前の被加工物としての歯車素材の形状、使用する加工工具や歯切り装置の段取り、および歯切り法などに基づく加工工具と歯車素材との相対運動から計算により取得することができる。なお、歯切り装置は、例えば、カム装置と割り出し機構を用いる等機械的な制御による工作機械とすることもできるし、数値制御工作機械とすることもできる。たとえば、図6(a)に示すように、今回製造されるべきまがりばかさ歯車のピッチ円錐頂点を原点とする直交座標系上における点P(X, Y, Z)として取得するとともに、点Pにおける歯面に対する法線方向単位ベクトルN(Nx, Ny, Nz)として取得することができる。図5に、上述の方法により求められた点群によって描かれるまがりばかさ歯車の一枚の

歯を示す。なお、面取りや、逃がしを形成する場合には、それらを含む形状を上記理論歯面形状として取得することが望ましい。

【0014】次に、S2において、理論歯面形状に基づいて鍛造金型の理論型面形状の3次元座標値と、各座標における歯面に対する法線方向単位ベクトルとが算出される。ここで、鍛造金型の理論型面形状は、加工すべき歯車の理論歯面と丁度嵌り合う転写の関係となるので

(図6(b)参照)、歯車の理論歯面上の点Pに対応する鍛造金型の理論型面上の点P'および、その点P'における法線方向単位ベクトルN'は、(1)式および

(2)式に示すように表される。点P'は点Pと一致し、法線方向単位ベクトルN'は、法線方向単位ベクトルNを反転させた値となるのである。

$$P' = P \cdots (1)$$

$$N' = -N \cdots (2)$$

【0015】さらに、S3において、過去に集積されたデータに基づいて鍛造工程誤差や金型および鍛造品の熱処理歪みなどの影響を小さくするためにP'およびN'が修正されて、実際に形成されるべき最終目標型面が暫定的に設定される。なお、鍛造工程誤差や金型および鍛造品の熱処理歪みには、たとえば、歯面の圧力角やねじれ角に基づいて変化するものがあり、それら圧力角やねじれ角は一つの歯みぞについて回転方向前方の歯面と回転方向後方の歯面とで異なるが、本実施形態においてはそれぞれについて修正することができる。

【0016】本実施形態においては、上述のように、最終目標型面が段階的に形成されるのであるが、まず、機械加工時に生じる寸法誤差が測定される。S4において暫定的最終目標型面に基づいて、最初の仕上げ切削加工により成形されるべき当面目型面が設定される。この当面目型面は、暫定的最終目標型面に2回の仕上げ加工のための取りしろ分の修正が加えられた形状である。

【0017】以上の計算に基づいて当面目型面が設定されれば、次に、P2において、当面目型面を形成するように、加工工具としてのボールエンドミル18の軌跡を制御するための鍛造金型加工用NCプログラム（以下、加工用プログラムと称する）が作成され、その加工用プログラムに従って金型素材20が仕上げ切削加工されて中間製品たる中間金型が得られる。

【0018】次に、P3において、中間金型の型面の実際の形状である実型面形状が測定される。具体的には、中間金型内に図示しないタッチセンサが進入させられて実型面形状が測定される。P4において、メインコンピュータにおいて実型面形状に基づいて新しい当面目型面が設定される。具体的には、実型面形状と先に設定された当面目型面とが比較されて、両者の寸法誤差が取得され、その寸法誤差と暫定的最終目標型面とに基づいて、試作歯車を鍛造するための型面の形状が、新しい当面目型面形状として設定される。新しい当面目型面

形状は、暫定的最終目標型面形状に1回の仕上げ加工の取りしろ分の修正を加えた形状とされる。次に、P5に進んで、当面目型面を形成するように加工用プログラムが作成され、その加工用プログラムに従って中間金型が仕上げ切削加工される。なお、P4を実行する代わりに、上記実型面形状と直接新しい当面目型面とを比較して、それらの差に基づいて加工用プログラムが作成されるようにしてもよい。

【0019】次に、P6において中間金型に熱処理などが施され、P7においてそれを用いて試作品としての試作歯車が鍛造される。P8において、鍛造された試作歯車に熱処理が施され、次にP9において、試作歯車の歯面形状が測定される。前述の実型面形状の測定と同様に、タッチセンサを有する測定装置により実歯面形状が測定される。P10およびP11において、歯面形状の実測値に基づいて中間金型の型面がさらに仕上げ切削加工される。具体的には、試作歯車の歯面形状は、前述の理論歯面形状と1回の仕上加工の取りしろとから予測可能であるので、実歯面形状と予測された予測歯面形状とが比較され、それらの寸法誤差が取得される。その寸法誤差と暫定的最終目標型面とに基づいて最終目標型面が設定されるとともに加工用プログラムが作成され、中間金型が加工用プログラムに従って加工される。以上で1回の金型作成作業が終了する。

【0020】次に、作成された鍛造金型を使用して歯車が鍛造され、熱処理が実施された後、その歯車の実歯面形状が測定される。歯車の実歯面形状の測定値の理論歯面形状に対する寸法誤差が十分に小さい場合には、その金型が鍛造金型として利用される。それに対して寸法誤差が大きい場合には、さらに加工が行なわれる。ここで、実歯面形状が理論歯面形状より大きい場合には、鍛造金型が最終目標型面より深く加工されてしまったことになるので、その金型は廃棄され別の金型素材を用いて最初から加工が行なわれる。実歯面形状が理論歯面形状より小さい場合には、鍛造金型の型面の加工が不足しているので、その形状に基づいて追加加工が行なわれる。上記誤差が十分に小さくなるまで、追加加工と歯車の鍛造と実歯面形状の測定とが繰り返し行なわれる。

【0021】以上の説明から明らかなように、本実施形態においては、二つの当面目型面、暫定的最終目標型面および最終目標型面がそれぞれ「修正型面形状」に相当する。

【0022】本実施形態における金型加工方法によれば、予め予測される変形に基づいて鍛造金型を製造することにより、高精度の歯車を鍛造することが可能となる。さらに、面取りや、逃がしを有する歯車を鍛造加工により製造することが可能となる。

【0023】本実施形態においては、荒加工された金型素材に対して、複数回の仕上げ切削加工が行われて最終目標型面が形成されるので、最終目標型面より深く加工

されてしまうことを回避することが容易となり、金型素材を無駄にせずに済む。さらに、複数回の仕上げ加工工程に伴って加工データが取得され、修正しつつ作業が行われるので、精度のよい鍛造金型を得る事ができる。なお、中間金型に熱処理を行った後で、さらに加工する場合には研削加工を行っても良く、その場合には半径の小さいボールエンドミルに近い形状の砥石を用いることが望ましい。

【0024】以上説明した実施形態においては、過去に集積されたデータに基づいて暫定的に最終目標型面形状を設定することと、中間金型の実型面形状の測定値に基づいて中間目標型面形状の修正を行うことと、試作歯車の実歯面形状を測定して最終目標型面形状の修正を行うことが組み合わせて実行されることにより、精度の良いまがりばか歯車鍛造用金型が得られる。しかし、それらのうちいずれかが省略されてもよい。具体的には、実型面形状の測定を省略して、最初の仕上げ切削加工が行なわれた中間金型を用いて試作歯車が鍛造され、その寸法誤差に基づいて最終目標型面が設定されるようにしてもよいし、試作歯車の鍛造を省略して、実型面形状が測定され、その寸法誤差に基づいて最終目標型面形状が設定されるようにしてもよい。

【0025】また、鍛造金型を複数製作する場合には、最終的に取得された金型の型面形状（より具体的には、工具の軌跡）に基づいて切削、研削等の機械加工が行われるようにすれば、精度のよい複数の鍛造金型を能率よく製作することができる。

【0026】本実施形態においては、最終目標型面より深く削られた部分が生じた場合には、その金型が放棄されて新しい金型素材が加工されるようになっていたが、最終目標型面より深く削ってしまった場合であっても、その鍛造金型に溶接などにより肉盛りをして再び機械加工を実施して鍛造金型を製作してもよい。

【0027】上記実施形態においては、1つの金型素材に複数回の加工を施すことにより鍛造金型が製作されるようにされていたが、二つの金型素材を使用して1つの鍛造金型を製作してもよい。この態様は、具体的な作業や型面の設定については、上記実施形態と共通しているので、作業の流れについて簡略化して説明する。作業中に利用される型面のうち共通するものは同じ名称を利用して説明を省略する。

【0028】本実施形態においては、過去のデータなどに基づいて暫定的最終目標型面が設定され、それに従って金型素材に切削加工が施され、鍛造金型が製作されて試作歯車が鍛造される。始めから暫定的最終目標型面に従って仕上げ切削加工が行われ、暫定的な鍛造金型が製作される。その暫定的鍛造金型を用いて試作歯車が鍛造され、熱処理が実施される。その試作歯車の実歯面形状が測定されて理論歯面形状と比較される。両者の寸法誤差が十分に小さい場合は、暫定的鍛造金型が鍛造金型と

して用いられることとなり、加工が終了する。

【0029】それに対して、寸法誤差の大きさが許容値を超えている場合には、暫定的鍛造金型は廃棄され、寸法誤差を修正して最終目標型面が設定され、別の金型素材を加工して鍛造金型が製作される。新しく製作された鍛造金型においても歯車を試作して、試作歯車の実歯面形状と理論歯面形状とが比較され、両者の寸法誤差が十分に小さくなったことが確認される。一方、試験的鍛造において製作された歯車の形状が理論歯面形状より小さいならば、上記実施形態と同様にして追加加工が実施される。

【0030】本実施形態においては、1つ目の金型素材を用いて鍛造金型を試作し、それによって鍛造された試作歯車の形状に基づいて、2つ目の金型素材が加工される。このように、直接暫定的最終目標型面に従って加工が行われるようにすれば、前記実施形態に比較して能率よく鍛造金型を製作することができる。

【0031】以上、まがりばかさ歯車を鍛造加工するための鍛造金型の製造方法について説明したが、すぐばかさ小歯車およびすぐばかさ大歯車や、ハイポイドギヤ等についても同様に、鍛造金型を製造することができる。

【0032】本発明のいくつかの実施形態を詳細に説明

したが、これらは例示に過ぎず、本発明は、前記〔発明が解決しようとする課題、課題解決手段および効果〕の項に記載された態様を始めとして、当業者の知識に基づいて種々の変更、改良を施した形態で実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態である鍛造金型製造方法を実現するためのフライス盤を概念的に示す図である。

【図2】上記フライス盤を制御する制御装置を示すブロック図である。

【図3】本実施形態における金型素材加工作業を説明するためのフローチャートである。

【図4】上記金型素材加工作業のうち最初の当面目標型面設定プログラムを示すフローチャートである。

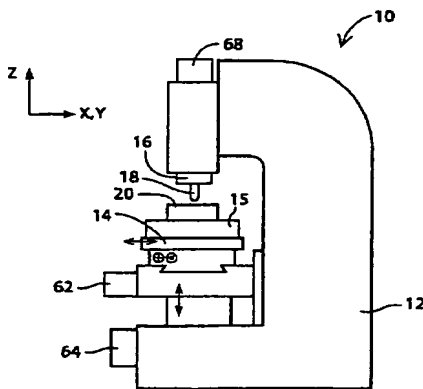
【図5】上記当面目標型面設定プログラムにおいて求められる理論歯面形状を説明するための斜視図である。

【図6】上記当面目標型面設定プログラムにおいて求められる理論型面形状を説明するための斜視図である。

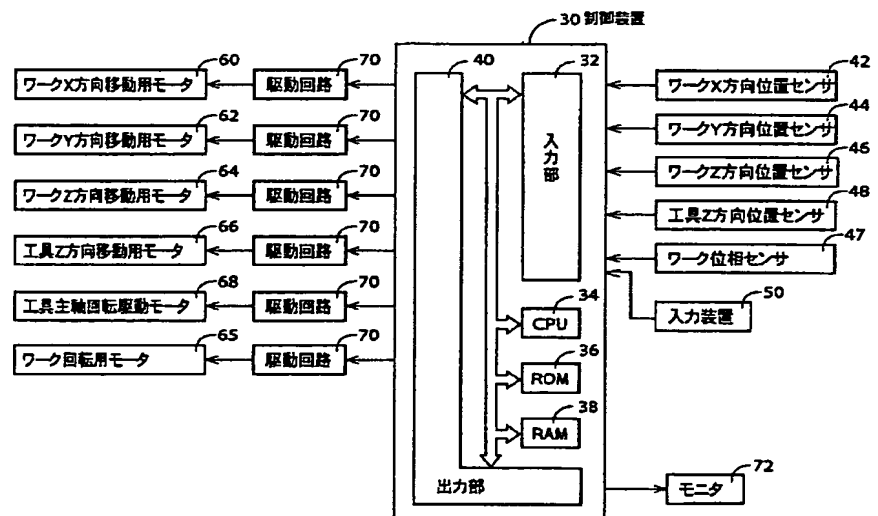
【符号の説明】

10：フライス盤 18：ボールエンドミル
20：金型素材 30：制御装置 34：CPU
U 36：ROM 38：RAM

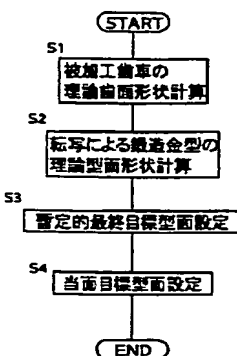
【図1】



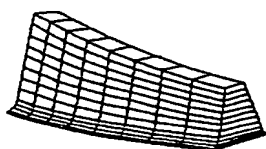
【図2】



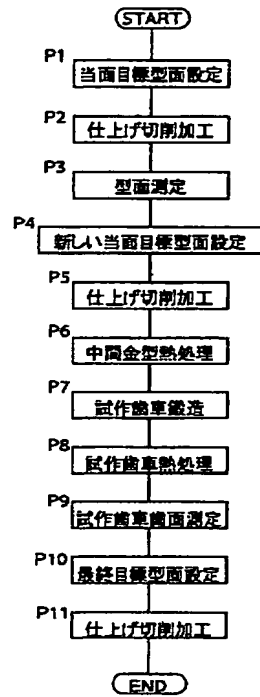
【図4】



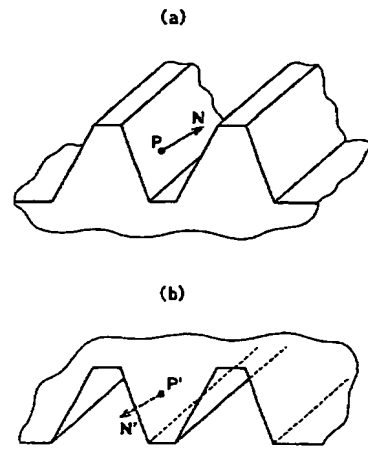
【図5】



【図3】



【図6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.